

METHOD OF CONTROL OF PROCESS OF MELTING OF IRON-RICH PELLETS IN ELECTRIC ARC FURNACE**Patent number:** RU2082763**Publication date:** 1997-06-27**Inventor:** IZGALIEV TAUSHAN I (SU); VARENIKOV YURIJ I (SU); LUBASHEV YURIJ A (SU); KLACHKOV ALEKSANDR A (SU); ANISIMOV NIKOLAJ K (SU); GARKUSHA VIKTOR M (SU); SIDOROV VALERIJ P (SU); POTAPOV IVAN V (SU); OVECHKIN VITALIJ V (SU); KHRENOV EVGENIJ B (SU)**Applicant:** OSKOLSKIY ELEKTROMETALLURGICHE (SU)**Classification:****- international:** C21C5/52; C21C5/00; (IPC1-7): C21C5/52**- european:****Application number:** RU19930013196 19930312**Priority number(s):** RU19930013196 19930312**Report a data error here**

Abstract not available for RU2082763

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) RU (11) 2 082 763 (13) С1
(51) МПК⁶ С 21 С 5/52

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93013196/02 , 12.03.1993

(46) Дата публикации: 27.06.1997

(56) Ссылки: Авторское свидетельство СССР N
523142, кл. С 21 С 5/52, 1976.

(71) Заявитель:
Оскольский электрометаллургический комбинат

(72) Изобретатель: Изгалиев Т.И.,
Вареников Ю.И., Лубашев Ю.А., Клачков
А.А., Анисимов Н.К., Гаркуша В.М., Сидоров
В.П., Потапов И.В., Овечкин В.В., Хренов Е.Б.

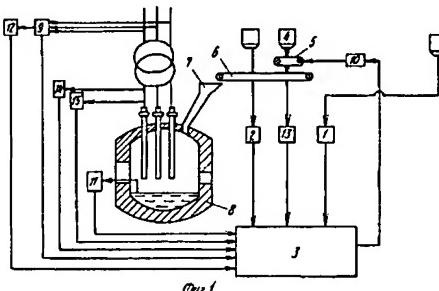
(73) Патентообладатель:
Оскольский электрометаллургический комбинат

(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПЛАВКИ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ОКАТЫШЕЙ В ДУГОВОЙ ПЕЧИ

(57) Реферат:

Использование: металлургия, в частности управление процессами непрерывной загрузки и плавки металлизированных окатышей в дуговых сталеплавильных печах. Сущность изобретения: способ включает выбор скорости загрузки металлизированных окатышей в зависимости от электрической мощности, забираемой из сети, и коррекцию скорости загрузки окатышей пропорционально отклонению температуры металла от заданного значения. Выбор скорости загрузки металлизированных окатышей в печи производят в зависимости от электрической активной мощности, а в процессе непрерывной загрузки и плавления металлизированных окатышей при нестабильном поведении дуг вводят дополнительную коррекцию загрузки

металлизированных окатышей, при этом при снижении активной мощности ниже нижнего заданного предела скорость загрузки уменьшают, а при превышении активной мощности выше верхнего заданного предела - скорость загрузки увеличивают. 1 з. п. ф-лы, 4 ил.



RU 2082763 С1

RU 2082763 С1



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 082 763⁽¹³⁾ C1
(51) Int. Cl. 6 C 21 C 5/52

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 93013196/02, 12.03.1993

(46) Date of publication: 27.06.1997

(71) Applicant:
Oskol'skij elektrometallurgicheskij kombinat

(72) Inventor: Izgaliev T.I.,
Varenikov Ju.I., Lubashev Ju.A., Klachkov
A.A., Anisimov N.K., Garkusha V.M., Sidorov
V.P., Potapov I.V., Ovechkin V.V., Khrenov E.B.

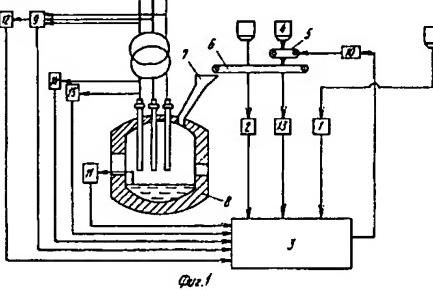
(73) Proprietor:
Oskol'skij elektrometallurgicheskij kombinat

(54) METHOD OF CONTROL OF PROCESS OF MELTING OF IRON-RICH PELLETS IN ELECTRIC ARC FURNACE

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy; control of process of continuous charging and melting of iron-rich pellets in electric arc steel melting furnaces. SUBSTANCE: method includes selection of charging rate of iron-rich pellets depending on power drained from the mains and correction of charging rate proportionally to deviation of metal temperature from preset value. Selection of charging rate of iron-rich pellets in furnace is carried out depending on electric active power, and in the process of continuous charging and melting of iron-rich pellets with unstable behavior of arcs, additional correction of iron-rich charging is introduced. In so doing, if active power

drops below the lower preset limit, the rate of charging is reduced, and if active power exceeds the upper preset limit, the rate of charging is increased. EFFECT: higher efficiency. 2 cl, 4 dwg



RU 2 082 763 C1

R U
2 0 8 2 7 6 3 C 1

RU 2 0 8 2 7 6 3 C1

Изобретение относится к металлургии, а именно к электросталеплавильному производству, и может быть использовано для управления процессом непрерывной загрузки и плавки металлизованных окатышей в дуговых сталеплавильных печах.

Известен способ управления процессом плавки металлизованных окатышей в дуговой печи, по которому в процессе непрерывной загрузки металлизованных окатышей скорость их загрузки регулируют в функции потребляемой электрической мощности.

Однако при таком способе управления, основанном на осуществлении прямой связи между расходом электроэнергии и скоростью загрузки металлизованных окатышей, невозможно точное поддержание заданного температурного режима нагрева металла из-за неучета реальной ситуации в печи (условия теплопередачи в рабочем пространстве, гранулометрического и химического составов металлизованных окатышей, степени металлизации, количества и состава пустой породы), а также невозможно управление температурным режимом металлической ванны при заданном постоянном уровне мощности.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является способ управления процессом плавки металлизованных окатышей в дуговой печи, по которому в процессе непрерывной загрузки металлизованных окатышей скорость их загрузки регулируют в зависимости от электрической общей мощности, забираемой от сети, и вводят коррекцию скорости загрузки металлизованных окатышей пропорционально отклонению температуры металла от заданного назначения так, что при повышении температуры металла выше заданного значения скорость загрузки увеличивают, в противном случае уменьшают.

Недостатком указанного способа является то, что, во-первых, выбор скорости загрузки металлизованных окатышей производят в зависимости от общей мощности, в то время как процесс нагрева и расплавления зависит только от активной мощности и не зависит от реактивной мощности, т.е. используя выбор скорости загрузки от общей мощности, нельзя точно управлять процессом плавки, и, во-вторых, не учитывается состояние ванны, зависящее от соотношения скоростей плавления загрузки металлизованных окатышей. Превышение скорости загрузки над скоростью плавления приводит к накоплению окатышей в ванне жидкого металла, а тем самым к оголению дуг, интенсивному воздействию излучения дуг на футеровку стен и свода печи, снижению стойкости футеровки, понижению мощности. Уменьшение скорости загрузки по отношению к скорости плавления металлизованных окатышей приводит к вскипанию ванны, а тем самым к резкому увеличению тока, выбросу металла из печи.

Все это удлиняет продолжительность плавки, увеличивает расходы электродов и электроэнергии. Таким образом, невозможно достичь устойчивого управления плавкой, осуществляя только коррекцию скорости загрузки окатышей в зависимости от температуры.

Технический результат изобретения

устраним недостатков, указанных в изобретении, увеличение стойкости футеровки печи, сокращение продолжительности плавки, снижение расхода электродов и электроэнергии за счет исключения накопления не расплавившихся металлизованных окатышей на поверхности ванны или ее вскипания.

Технический результат достигается тем, что в способе управления процессом плавки металлизованных окатышей в дуговой печи, включающем изменение скорости загрузки металлизованных окатышей в печи в зависимости от электрической мощности, забираемой из сети, и коррекцию скорости загрузки окатышей пропорционально отклонению температуры металла от заданного значения, выбор скорости загрузки металлизованных окатышей в печи производят в зависимости от электрической активной мощности, а после расплавления металлозавалки и достижения условия

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^n m_j t_j} > 1.2,$$

где Q - количество израсходованной электроэнергии, кВт·ч;

ΔH_j - изменение энталпии загруженного в печь j -го материала при его нагреве от исходной температуры до температуры плавления, кВт·ч/т;

m_j - масса загруженного в печь j -го материала, т,

в процессе непрерывной загрузки и плавления металлизованных окатышей при нестабильном поведении дуг вводя дополнительную коррекцию загрузки металлизованных окатышей, при этом при снижении активной мощности ниже нижнего заданного предела скорость загрузки уменьшают, а при превышении активной мощности выше верхнего предела увеличивают. Кроме того, при появлении нестабильного поведения дуг, выраженного соотношением

$$\alpha_2 > \alpha_3$$

где α_1 - коэффициент несимметрии токов; α_2 - коэффициент несимметрии напряжений;

α_3 - граничное значение, производят дополнительную коррекцию скорости загрузки металлизованных окатышей, при этом скорость загрузки уменьшают, если выполняется условие

$$\frac{P_s^A}{P_s^L} < \frac{P_s^L}{P_s^H}$$

где P_s^A - текущая активная мощность на ступени напряжения s , МВт;

P_s^L - нижнее заданное граничное значение активной мощности на ступени напряжения s , МВт;

или скорость загрузки увеличивают, если выполняется условие

$$\frac{P_s^A}{P_s^H} > \frac{P_s^L}{P_s^H}$$

где P_s^H - верхнее заданное граничное значение активной мощности на ступени напряжения s , МВт.

Принципиальное отличие предложенного способа от известного, включающего выбор скорости загрузки по общей электрической мощности и коррекцию скорости загрузки по одному параметру - температуре ванны,

RU ? 0 8 2 7 6 3 C1

заключается в том, что выбор скорости загрузки осуществляют в зависимости от активной мощности и вводят дополнительную коррекцию, учитывающую состояние ванны по стабильности горения дуг.

На фиг. 1 приведена структурная схема, поясняющая описываемый способ управления; на фиг. 2-4 графики распределения вероятностей значений активной мощности при явлениях накопления и вскипания: сплошной линией для явления накопления нижний предел, пунктирной линией для явления вскипания верхний предел (на фиг. 2 - для 20-й ступени напряжения; на фиг. 3 для 19-й ступени напряжения; на фиг. 4 для 18-й ступени напряжения).

На чертежах по горизонтали отложены значения активной мощности, по вертикали вероятность значений активной мощности при вскипании или накоплении.

Предлагаемый способ управления осуществляют следующим образом.

В межплавочный период сигналы с датчика веса лома 1 и датчика веса вспомогательных материалов 2 поступают в блок управления 3 (управляющая мими или микроЭВМ), где они запоминаются.

В процессе непрерывной загрузки металлизованных окатышей из бункера 4 по конвейерам 5 и 6 в воронку 7 и их плавления в печи 8 сигналы с датчика потребляемой активной мощности 9 поступают в блок управления 3. В зависимости от величины активной мощности блок управления 3 выбирает скорость загрузки металлизованных окатышей и выдает сигнал в исполнительный механизм системы загрузки 10.

Коррекция скорости загрузки окатышей по температуре металла, получаемой от датчика температуры 11, осуществляется блоком управления 3 путем изменения задания исполнительному механизму системы загрузки 10.

Сигналы с датчика потребляемой активной энергии 12 и с датчика веса металлизованных окатышей 13 поступают в блок управления 3, где рассчитывается соотношение

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^m j}$$

и сравнивается с предварительно заданным значением, равным 1,2. При выполнении условия

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^m j} > 1,2.$$

блок управления 3 опрашивает датчики тока 14 и датчики напряжения 15, установленные на каждой фазе, и рассчитывает соотношение

$$\frac{I_2^2 + I_3^2}{\alpha I_1 \cdot \alpha V}$$

Это соотношение сравнивается с предварительно заданным значением, равным 1200. При выполнении условия

$$\frac{I_2^2 + I_3^2}{\alpha I_1 \cdot \alpha V} > 1200$$

блок управления 3 сравнивает величину активной мощности с предварительно заданными значениями P_s^L и P_s^H . При выполнении условия

$$P_s^A < P_s^L$$

блок управления 3 уменьшает скорость загрузки окатышей путем изменения задания

исполнительному механизму системы загрузки 10, или, при выполнении условия

$$P_s^A < P_s^H$$

увеличивает скорость загрузки окатышей.

- 5 Пример 1. После завалки в печь лома весом 60 т вес лома регистрируется датчиком веса 1 и сигнал с датчика 1 поступает в блок управления 3 и там запоминается (изменение энталпии лома при его нагреве от исходной температуры до температуры плавления берется равной 330 кВт·ч/т). Зажигают дуги, отдают в печь шлакообразующие материалы (изменение энталпии извести берется равной 350 кВт·ч/т, а окисленных окатышей 550 кВт·ч/т), вес шлакообразующих материалов регистрируется датчиком веса 2 и сигнал с датчика 2 поступает в блок управления 3 и там запоминается.

- Непрерывную загрузку металлизованных окатышей (изменение энталпии металлизованных окатышей берется равной 450 кВт·ч/т) начинают со скоростью 5-8 кг/мин·МВт и в течение 10-15 мин доводят ее до скорости 23-33 кг/мин·МВт, определяемой величиной вводимой активной мощности, после чего начинается непрерывный или дискретный замер температуры. Значение сигнала от датчика температуры 11 передается в блок управления 3, где сравнивается измеренное значение температуры с заданным значением температурного режима металлической ванны.

- При несоответствии температурного режима металлической ванны заданному блок управления 3 вводит коррекцию скорости загрузки металлизованных окатышей путем изменения задания исполнительному

- 35 механизму системы загрузки металлизованных окатышей 10 таким образом, что при превышении температуры металла выше заданного значения скорость загрузки увеличиваются, а при снижении температуры металла ниже заданного значения скорость загрузки уменьшаются.

- В процессе непрерывной загрузки металлизованных окатышей блок управления 3 рассчитывает соотношение

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^m j}$$

и сравнивает его со значением 1 и 2. При выполнении условия

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^m j} > 1,2$$

- 50 при нестабильном поведении дуг вводят дополнительную коррекцию загрузки металлизованных окатышей. Для этого блок управления 3 опрашивает с задаваемым периодом опроса датчики тока 14 и датчики напряжения 15 и рассчитывает соотношение

$$\frac{I_2^2 + I_3^2}{\alpha I_1 \cdot \alpha V}$$

где

$$I_1 = A_0 \sqrt{\frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 - 4\sqrt{3}R(P_I)_A(P_I)_B(P_I)_C}{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2 + 4\sqrt{3}R(P_I)_A(P_I)_B(P_I)_C}}$$

где $A_0 = 100$

$$P = \frac{I_A^2 + I_B^2 + I_C^2}{Z}$$

I_A, I_B, I_C действующие значения токов фаз A, B, C (кА);

$$d = \sqrt{\frac{U_{AB}^2 + U_{BC}^2 + U_{CA}^2 - 4F_n}{Z}}$$

где $B_0 = 100$ константа, размерность $1/V$,

$$U_{AB} = \sqrt{U_A^2 + U_B^2 + 2U_A U_B \sqrt{1 - \left(\frac{Z F_n}{U_A \cdot U_B}\right)^2}}$$

$$U_{BC} = \sqrt{U_B^2 + U_C^2 + 2U_B U_C \sqrt{1 - \left(\frac{Z F_n}{U_B \cdot U_C}\right)^2}}$$

$$U_{CA} = \sqrt{U_C^2 + U_A^2 + 2U_C U_A \sqrt{1 - \left(\frac{Z F_n}{U_C \cdot U_A}\right)^2}}$$

где

$$F_n = \sqrt{P_n (P_n - U_{AB}) (P_n - U_{BC}) (P_n - U_{CA})}$$

$$P_n = \frac{U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}}{Z}$$

$$F_n = \sqrt{P_n (P_n - U_A) (P_n - U_B) (P_n - U_C)}$$

$$P_n = \frac{U_A + U_B + U_C}{Z}$$

где U_A, U_B, U_C напряжение фаз A, B, C, (B).

Вышеприведенное соотношение сравнивается с предварительно заданным значением, равным 1200. При выполнении условия:

$$\frac{2}{d} \cdot \frac{3}{\alpha \omega} > 1200$$

блок управления 3 сравнивает величину активной мощности с предварительно заданными значениями P_S^L и P_S^H . При выполнении условия

$$P_S^A < P_S^L$$

блок управления 3 уменьшает скорость загрузки окатышей V согласно соотношению

$$V = V_o - \Delta V$$

где V_o скорость загрузки металлизованных окатышей, определяемая активной мощностью и величиной отклонения температуры металла от заданной, кг/мин.МВт;

ΔV величина коррекции скорости загрузки, зависящая от состояния ванны, кг/мин.МВт.

Или при выполнении условия:

$$P_S^A > P_S^H$$

блок управления 3 увеличивает скорость загрузки окатышей согласно соотношению

$$V = V_o + \Delta V$$

Скорректированное значение скорости загрузки блок управления 3 передает в виде сигнала исполнительному механизму системы загрузки 10. Величина обще коррекции по температуре и состоянию ванны в целях обеспечения стабильности управления загрузкой окатышей не превышала 300 кг/мин или 5 кг/мин.МВт. Длительность коррекции по состоянию ванны составляет 2-3 мин. Блок

управления начинает оценивать состояние ванны только по истечении 3 мин после осуществления последней коррекции.

Методика определения верхней (при вкипании ванны) и нижней (при накоплении нерасплавившихся металлизованных окатышей на поверхности ванны) пределов активной мощности. В процессе непрерывной загрузки металлизованных окатышей регистрируют уровень активной мощности (с помощью ЭВМ) и одновременно визуально контролируют вскипания ванны или накопления окатышей на поверхности ванны.

По полученным данным строят вероятностные характеристики распределения активной мощности для явления вскипания и вскипания. В качестве верхнего предела активной мощности принимается наиболее вероятное значение активной мощности в вероятностной характеристике распределения активной мощности для явления вскипания ванны, а в качестве нижнего предела

активной мощности принимается наиболее вероятное значение активной мощности в вероятностной характеристике распределения активной мощности для явления накопления нерасплавившихся металлизованных

окатышей на поверхности ванны.

25 Пример 2. В условиях электросталеплавильного цеха на 150-тонных электродуговых печах с мощностью трансформаторов 90 МВА выплавлялась сталь с использованием в шихте металлизованных окатышей. Расплавление металлизованных окатышей велоось на 18-20 ступенях напряжения при 621-723 В.

Из фиг. 2.4 видно, что для 18-й ступени напряжения верхний предел активной мощности $P_{18}^H = 60,5$ МВт нижний предел $P_{18}^L = 57,5$ МВт для 19-й $P_{19}^H = 61$ МВт $P_{19}^L = 58$ МВт для 20-й $P_{20}^H = 62,5$ МВт, $P_{20}^L = 59$ МВт.

Использование предлагаемого способа управления процессом плавки металлизованных окатышей в дуговой печи обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества:

более точное управление процессом плавки за счет выбора зависимости скорости загрузки металлизованных окатышей от активной мощности вместо общей мощности;

исключение накопления нерасплавившихся металлизованных окатышей на поверхности ванны, а тем самым устранение оголения дуг, интенсивного воздействия излучения дуг на футеровку стен и свода печи, за счет чего увеличивается стойкость футеровки, повышается активная мощность, увеличивается производительность печи, сокращается продолжительность плавки;

устранение вскипания ванны, приводящее к резкому увеличению тока, выбросу металла из печи, а тем самым позволяет сократить продолжительность плавки;

дополнительная коррекция по состоянию горения дуг, повышая стабильность управления загрузкой металлизованных окатышей, позволяет полностью автоматизировать управление процессом плавки металлизованных окатышей;

использование металлизованных окатышей с более широким разбросом параметров по степени металлизованных

R U ? 0 8 2 7 6 3 C 1

R U 2 0 8 2 7 6 3 C 1

R U ? 0 8 2 7 6 3 C 1

окатышей с более широким разбросом параметров по степени металлизации и содержанию углерода, а тем самым позволяет увеличить диапазон применяемого сырья по химическому составу;

снижение расходов электродов, опнеупоров, электроэнергии, снижение себестоимости стали.

Испытания на 21 опытной плавке показали, что удельный расход электроэнергии на тонну металлозавалки составляет в среднем 623 кВт·ч/т при среднеквадратичном отклонении 19 кВт·ч/т, а длительность плавки под током составляет 108 мин при среднеквадратичном отклонении 5 мин. На 558 промышленных плавках эти же показатели составили соответственно 627 кВт·ч/т при 33 кВт·ч/т и 110 мин при 10 мин. Меньшее среднеквадратичное отклонение расхода электроэнергии и длительности плавки на опытных в сравнении с промышленными плавками характеризует лучшую воспроизводимость плавок, а тем самым большую точность управления процессом плавки.

Формула изобретения:

1. Способ управления процессом плавки металлизированных окатышей в дуговой печи, включающий выбор скорости загрузки металлизированных окатышей в печи в зависимости от электрической мощности, забираемой из сети, и коррекцию скорости загрузки окатышей пропорционально отклонению температуры металла от заданного значения, отличающийся тем, что выбор скорости загрузки металлизированных окатышей в печи производят в зависимости от электрической активной мощности, в после расплавления металлозавалки и достижения условия

$$\frac{Q}{\sum_{j=1}^n j} > 1,2,$$

где Q - количество израсходованной электроэнергии, кВт·ч;

H_j - изменение энталпии загруженного в печь j-го материала при его нагреве от исходной температуры до температуры плавления, кВт·ч;

5 m_j - масса загруженного в печь j-го материала, т,

в процессе непрерывной загрузки и плавления металлизированных окатышей при нестабильном поведении дуг вводят дополнительную коррекцию загрузки металлизированных окатышей, при этом при снижении активной мощности ниже нижнего заданного предела скорость загрузки уменьшают, а при превышении активной мощности выше верхнего заданного предела скорость загрузки увеличивают.

15 2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при появлении нестабильного поведения дуг, выраженного соотношением

$$\frac{d^2 \alpha_1}{d u} > d \alpha_0,$$

20 где α_1 - коэффициент несимметрии токов; α_u - коэффициент несимметрии напряжений;

25 α_0 - граничное значение, производят дополнительную коррекцию скорости загрузки металлизированных окатышей, при этом скорость загрузки уменьшают, если выполняется условие

$$P_S^A < P_S^L,$$

30 где P_S^A - текущая активная мощность на ступени напряжения S, МВт;

P_S^L - нижнее заданное граничное значение для активной мощности на ступени напряжения S, МВт,

35 или скорость загрузки увеличивают, если выполняется условие

$$P_S^A > P_S^H,$$

где P_S^H - верхнее заданное граничное значение активной мощности на ступени напряжения S, МВт.

40

45

50

55

60

R U 2 0 8 2 7 6 3 C 1

R U 2 0 8 2 7 6 3 C 1

